

Instituto Milenio de Astrofísica (MAS)

Los desafíos de la NUEVA ASTRONOMÍA

Por: Mario Hamuy W.*

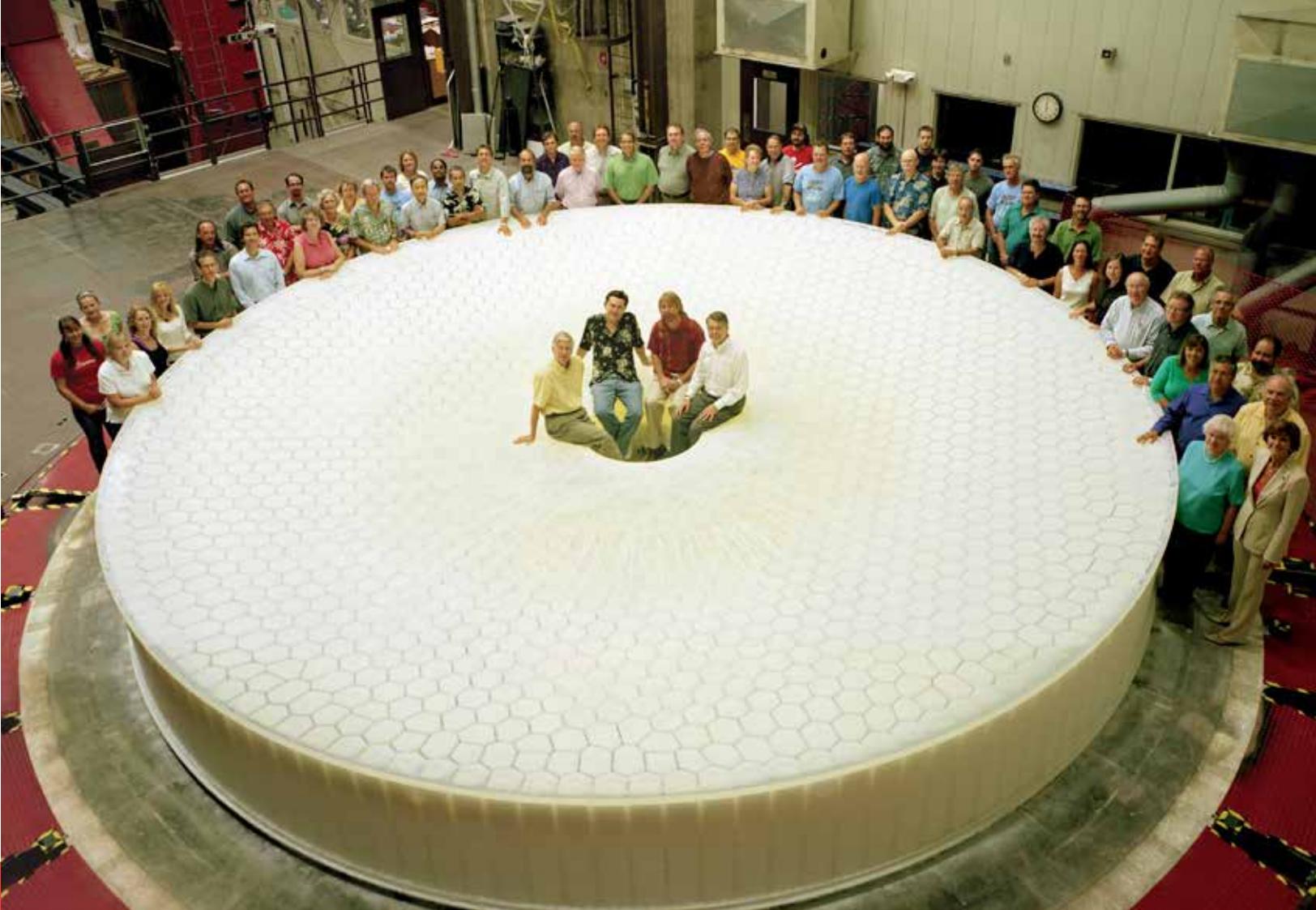
La astronomía no está ajena a la revolución digital. Gracias a las nuevas capacidades tecnológicas en la detección de luz estamos logrando tener acceso a una visión muy profunda y prácticamente completa del universo. Nuestra generación es la primera en tener la fascinante oportunidad de desentrañar sus secretos más profundos y responder a las preguntas que nos hemos planteado por milenios.

Los adelantos tecnológicos han traído aparejados grandes cambios en la manera de practicar la astronomía observacional. Tradicionalmente los astrónomos han apuntado sus telescopios para ver con gran detalle conjuntos pequeños de objetos astrofísicos de interés. Esta situación está cambiando radicalmente. La “nueva astronomía” se sustenta en instrumentos que permiten sondeos masivos de grandes sectores del cielo que vienen acompañados de verdaderos tsunamis de datos digitales, todo lo cual impone desafíos para desarrollar nuevas estrategias que permitan extraer la información relevante de este océano de información.

El más emblemático de estos instrumentos es el Large Synoptic Survey Telescope (LSST), que comenzará a operar desde cerro Pachón en la Región de Coquimbo a partir de



2020. Su cámara, un mosaico de 189 CCDs con un total de 3.200 megapíxeles, no solo permitirá lograr el efecto de un lente gran angular (con un campo de visión de 3,5x3,5 grados en el cielo, equivalente a 50 veces el tamaño de la luna llena), sino que además obtener una definición de 0.2 segundos de arco por cada píxel (el tamaño de una moneda



Espejo principal de telescopio de 8 metros de diámetro fabricado en la Universidad de Arizona.

de 1 peso a 10 kilómetros de distancia). La operación del LSST se realizará de manera robótica, capturando una imagen de 15 segundos y ajustando su posición para registrar otra imagen, y así sucesivamente hasta haber obtenido una imagen panorámica del cielo austral en solo tres días, ciclo que se repetirá sistemáticamente durante 10 años. De este modo, este instrumento futurista permitirá registrar un profundo mapa en 3D del universo, al cual se agregará la dimensión temporal.

Gracias a este tipo de equipos de campo amplio, estamos transitando de la tradicional astronomía de imágenes estáticas a cinematografía cósmica. Se agrega así la dimensión temporal en la exploración humana del universo, otorgando una nueva manera de ver y la oportunidad de descubrir fenómenos nuevos a partir de señales débiles. Esto presenta un gran desafío para la pequeña comunidad nacional de astrónomos. Como referencia, en un solo el

primer mes de operación el LSST habrá producido 600 Tbytes de datos, más que en toda la historia de la astronomía. Si bien el proyecto contempla el transporte y archivo de los datos, el análisis quedará en manos de las 40 instituciones participantes (20 universidades de EE.UU., Google Inc., entre otras). Gracias al convenio especial firmado entre la Universidad de Chile y AURA (Association of Universities for Research in Astronomy) en 2008, Chile cambió el 10% de tiempo de observación por beneficios equivalentes, entre los cuales está el derecho a acceder al 100% de los datos en igualdad de condiciones que los demás miembros institucionales. ¿Cómo enfrenta Chile este desafío? ¿Lo haremos como protagonistas o simples espectadores?

El proyecto Instituto Milenio de Astrofísica (MAS), recientemente aprobado por la Iniciativa Científica Milenio del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, se establece con el propósito de preparar a nuestra comunidad

para los desafíos de la nueva astronomía y hacernos parte de la aventura del LSST. El MAS nace de la fusión de dos proyectos (Núcleo Milenio de Estudio de Supernovas y Núcleo Milenio para la Vía Láctea) enfocados en una técnica común: la variabilidad. A través de la astronomía de variabilidad podemos ver cómo cambia el universo.

En el MAS estamos pensando en los desafíos de las bases de datos del futuro: habrá que tener capacidad de transmitir, almacenar y desarrollar herramientas para explotar los datos y extraer lo relevante. Muchos fenómenos astrofísicos se manifiestan por su variabilidad, por lo cual se requerirá hacer un análisis rápido y automatizado de éstos. Buscaremos tendencias entre grandes volúmenes de datos. A través del MAS estudiaremos el origen de las supernovas, el origen de los elementos químicos y la energía oscura, redescubriremos la Vía Láctea y buscaremos planetas habitables parecidos a la Tierra. Nuestro trabajo se ubicará en las fronteras del conocimiento y se aventurará en el mundo del universo desconocido.

El desafío del MAS escapa a las habilidades de los astrónomos y a las capacidades de una sola institución. Se trata de un emprendimiento multidisciplinario en las áreas de la astroestadística y astroinformática. Astrónomos, informáticos y estadísticos de cinco universidades (Universidad de Chile, Universidad Católica, Universidad de Concepción, Universidad de Valparaíso y Universidad Andrés Bello) trabajarán mancomunadamente con el fin de aprovechar diversas tecnologías y experticias en la búsqueda

de respuestas científicas. Juntos, nos embarcaremos en una aventura tecnológica e intelectual para desarrollar las herramientas (*hardware/software*) necesarias para lograr nuestras metas. Dado que la exploración del dominio temporal es una nueva frontera en el universo

dinámico, tendremos que estar preparados para fascinantes descubrimientos y, sin duda, algunos totalmente inesperados. Así, estaremos en condiciones de aprovechar al máximo nuestro potencial con herramientas y técnicas eficientes, según sea necesario para convertirnos en líderes mundiales en un

Entre los 18 miembros fundadores del MAS participan investigadores de la FCFM (Astronomía, Ingeniería Eléctrica y Centro de Modelamiento Matemático).

Monto adjudicado al proyecto:
850 millones anuales

Fecha de inicio:
26 de diciembre de 2013

Duración:
10 años

* Mario Hamuy W. es Doctor en Astronomía de la Universidad de Arizona, Estados Unidos, y académico del Departamento de Astronomía de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile. Actualmente es el director del Instituto Milenio de Astrofísica (MAS).

campo altamente competitivo. Durante los próximos 10 años, estaremos construyendo un edificio para el futuro, junto con gente joven y talentosa y contribuyendo a formar la nueva generación de astroestadísticos del país.

El MAS es una oportunidad que se nos abre para pensar en grande, a largo plazo, para que Chile sea parte de la *Big Science* y que la astronomía sea un orgullo para nuestro país.



En la búsqueda de supernovas

Un ejemplo del tipo de desafíos que el Instituto Milenio de Astrofísica está emprendiendo es una búsqueda de supernovas en tiempo real. Las búsquedas tradicionales consisten en visitar las mismas regiones del cielo en intervalos de varios días o semanas, lo que aumenta la probabilidad de que una supernova explote entre cada observación. En este nuevo experimento estamos visitando cada campo en intervalos de solo dos horas, garantizando que cada supernova descubierta sea muy joven. Esta estrategia nos llevará a obtener pistas que nos permitan entender la naturaleza de los progenitores de las supernovas.

Para ello estamos utilizando la nueva *dark energy camera* (DECam) en el telescopio Blanco de cerro Tololo, una cámara de 500 Mpix precursora del LSST, que gracias a su gran tamaño angular permite observar grandes volúmenes del Universo en cada toma y, por primera vez, buscar eventos muy raros como son la aparición de supernovas de solo horas de vida. Para lograr reaccionar a estas nuevas supernovas, requiere contar con la capacidad de procesar los datos en tiempo real. Para esto desarrollamos un nuevo *software* de detección de eventos variables siguiendo un enfoque interdisciplinario, en una colaboración entre astrónomos, ingenieros en computación e ingenieros matemáticos. Una vez descargados los datos que toma el telescopio en cerro

Tololo a través de la red de alta velocidad REUNA, éstos son procesados utilizando el súper-computador NLHPC en el Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile para generar una página web donde se realiza una inspección visual de los candidatos, todo lo anterior en un tiempo menor al intervalo de cuatro minutos entre cada observación. En nuestro primer turno de observación en marzo pasado, logramos contemplar 40 campos, durante cinco noches, cuatro veces por cada una de ellas, y logramos descubrir cuatro supernovas de horas de vida, además de miles de asteroides nuevos. Lo anterior requirió procesar cerca de 400 mil millones de píxeles y realizar alrededor de 400 millones de millones de operaciones sobre píxeles a medida que el telescopio observaba, en un experimento pionero para este tipo de cámaras de gran tamaño angular.

Este proyecto, liderado por el investigador del MAS Francisco Förster, es una colaboración entre el Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile a través de su nuevo laboratorio de Astroinformática y el Departamento de Astronomía de la FCFM. Involucra a un equipo multidisciplinario: Francisco Förster (software de procesamiento), Juan Carlos Maureira (distribución de procesos en el súper-computador), Santiago González y Lluís Galbany (observaciones), Jaime San Martín y Jorge Littín (diseño de algoritmos), Guillermo Cabrera (herramientas de *machine learning* para filtrar candidatos), Mario Hamuy (estrategia de búsqueda), Chris Smith y Eduardo Vera (transmisión de los datos en la red de alta velocidad), entre otros colaboradores. 